PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. | 1. November 1901. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 4. am 7. November 1901.

INHALT.

Originalmitteilungen:

E. P. Adams, Die elektromagnetische Wirkung von bewegten geladenen Kugeln. S. 41.

K. v. Wesendonk, Notiz über polare Unterschiede bei Spitzenentladungen und die Verhältnisse der Ionengeschwindigkeiten. S. 45.

E. Knoblauch, Elektrolytische Vorschaltzelle für den Betrieb von Induktorien bei Wechselstrom. S. 46.

J. C. Shedd, Über die Formen der von dem Michelsonschen Interferometer gelieferten Kurven. S. 47.

Vorträge und Diskussionen von der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg:

E. Hoppe, Naturforschung und Technik. S. 51.

Eingegangene Schriften. S. 55.

XI. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte. S. 56.

Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02. S. 56.

Tagesereignisse. S. 56.

Personalien. S. 56.

Berichtigungen. S. 56.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die elektromagnetische Wirkung von bewegten geladenen Kugeln.[1])

Von Edwin P. Adams.

In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit über die magnetische Wirkung bewegter elektrischer Ladungen kommt Herr Cremieu zu dem Resultat, dass eine solche nicht existiere, und hat dadurch die Frage nach der magnetischen Wirkung bewegter elektrischer Ladungen von neuem zur Diskussion gebracht.

Professor Rowland, der im Jahre 1876 zuerst mit Erfolg die Frage in Angriff nahm, und jene Herren, die seine Experimente wiederholten, verwandten rotierende Scheiben als Träger der elektrischen Ladungen. Professor J. J. Thomson[2]) schlug im Jahre 1881 vor, rotierende Kugeln anzuwenden und berechnete die maximale magnetische Kraft, welche eine bis zum höchstmöglichen Potential geladene Kugel hervorbringen kann. In vieler Beziehung scheint diese Methode die natürlichste zu sein und sie wurde daher in den im folgenden beschriebenen Experimenten benützt.

Eine hohle Messingachse AA (Fig. 1 und 2) ist durch einen Stab B aus hartem Holz in zwei isolierte Hälften geteilt, deren jede an Messingstangen eine Gruppe von 16 hohlen Kupferkugeln trägt. Die beiden Gruppen von Kugeln

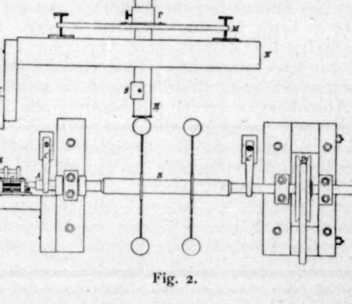

Fig. 2.

sind in dieser Weise elektrisch gegeneinander isoliert. Zur Zuführung der Elektrizität dienen die beiden Kupferbürsten CC, und da die Kugeln mit der Achse in leitender Verbindung stehen, so werden sie selbst elektrisch geladen. E ist ein Tourenzähler, der mit dem einen Ende der Achse in Verbindung steht.

Das magnetische System, an dem die direkte Wirkung der bewegten geladenen Kugeln beobachtet werden soll, befindet sich in der Messingröhre H, deren unteres Ende durch eine Glasplatte verschlossen ist. Diese ist mit Stanniol

1) Ausführlich in Americ. Journ. of Science, August 1901.
2) Phil. Mag. 11, 236, 1881.

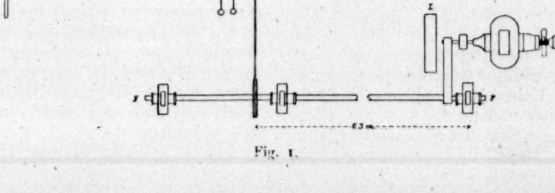

Fig. 1.

überzogen und das Stanniol in Streifen geschnitten, um Leitungsströme zu verhindern, welche in einer Richtung fliessen könnten, in welcher sie eine Ablenkung auf die Nadel hervorbringen können. Aus gut gehärtetem, magnetisiertem Uhrfederstahl werden auf einem Glimmerscheibchen einige Stücke so oben und unten befestigt, dass sie ein astatisches System bilden. Die Nadeln stehen senkrecht zur Achse. Der Spiegel ist gleichfalls auf den Glimmer aufgeklebt, etwas oberhalb des Mittels und wird durch eine mit dünnem Glase bedeckte Öffnung *S* der Messingröhre beobachtet. Zur Aufhängung des Magnetsystems dient ein Quarzfaden von 32 cm Länge.

Die Magnetometerröhre *H* ist in einer Messinghülse *P* befestigt, welche in die Messingplatte *M* eingeschraubt ist. Diese Platte trägt Fussschrauben und steht auf einer Holzkonsole *N*, deren Enden auf zwei Steinträgern ruhen. Die Empfindlichkeit des Magnetsystems kann durch einen besonderen Reguliermagneten, der auf der Platte *N* liegt, beliebig geändert werden. Alle Metallteile des Magnetometers und der Träger sind zur Erde abgeleitet. Eine einzelne Drahtwindung *K* dient zur Bestimmung der Konstanten. Die Ablenkungen werden mit Fernrohr und Skala *T* mit einem Spiegelabstand von 3 m beobachtet.

Die Rotation der Kugeln wird durch einen 4 pferdigen Elektromotor hervorgebracht, der sich in einer Entfernung von 7 m vom Magnetometer befindet. Zum besonderen Schutze gegen magnetische Störungen durch den Motor dient ein grosser Eisenblock *L*, der vor dem Motor steht. Der Motor treibt durch eine Riemenverbindung eine Welle *FF* an, deren Lager auf dem Steinboden befestigt sind. Zur Lagerung der Achse für die Kugeln dient ein starkes Holzgerüste, welches auf dem Boden steht. Die Steinträger, auf welchen das Magnetometer steht, sind vom Boden und vom Traggerüste der rotierenden Kugeln vollständig isoliert. Zum Schutze gegen Luftströmungen mussten vor den rotierenden Kugeln Holzschirme angebracht werden.

Die Elektrizitätsquelle für die Ladung der Kugeln bildete eine Batterie von 10000 Akkumulatoren, wie sie Professor Trowbridge bei seinen spektralanalytischen Untersuchungen verwendet hatte. Um die Ladung der Kugeln umzukehren, war ein Kommutator eingeschaltet.

Solange der Motor allein lief oder nur der Motor und die Welle am Boden in Bewegung waren, liess sich auch nicht die geringste Bewegung der Nadel wahrnehmen. Dagegen war das Schneiden der Kraftlinien des Erdfeldes durch die Messingachse und Kugeln genügend wirksam, um einen Ausschlag von mehreren Centimetern hervorzurufen. Es brachte dies keinen Nachteil, solange die Rotation vollständig konstant blieb. Sobald diese dagegen sich nur ein wenig änderte, hatte man grosse Mühe, und es bildete diese Störung eine der wichtigsten Fehlerquellen des Versuchs.

Lud man die ruhenden Kugeln, indem ein grosser Flüssigkeitswiderstand hinter die Batterie geschaltet wurde, so konnte man keine Ablenkung der Nadel beobachten. Ohne den Flüssigkeitswiderstand jedoch erfolgte ein, wenn auch kleiner, Ausschlag bei der Ladung der Kugeln — ohne Zweifel infolge des raschen Einströmens der Elektrizität, die zur Ladung der Kugeln die Zuführungsdrähte zu durchfliessen hatte.

Waren die Kugeln in Bewegung, und man kehrte das Zeichen der elektrischen Ladung um, so zeigte sich ein sehr deutlicher Ausschlag der Nadel. Es war zwar nicht immer leicht, diese Ablenkung genügend gut zu bestimmen, da die Rotationsgeschwindigkeit und damit auch der Nullpunkt sich leicht ein wenig änderten, aber die qualitative Wirkung war durchaus eindeutig. Der Ausschlag erfolgte in der zu erwartenden Richtung, d. h. bei positiver Ladung der Kugeln entstand ein magnetisches Feld, wie es auch ein Strom, der in Richtung der Bewegung fliesst, hervorbringen würde.

Alle Beobachtungen mussten zwischen 1 und 5 Uhr morgens gemacht werden, da es infolge der Störungen durch die elektrische Trambahn unmöglich war, unter Tags befriedigende Beobachtungen zu machen. Jede Beobachtungsreihe wurde so vorgenommen, dass erst der Motor in Bewegung gesetzt und die für 2500 Umdrehungen nötige Zeit bestimmt wurde; dann wurden die Kugeln geladen und zwei Ausschläge der Nadel auf einer Seite und einer auf der entgegengesetzten Seite beobachtet. In gleicher Weise wurde abgelesen, nachdem das Zeichen der Ladung umgekehrt worden war, und zwar wurden jeweil zehn Umkehrungen vorgenommen, und zum Schlusse abermals die Rotationsgeschwindigkeit bestimmt; ebenso wurde der Reduktionsfaktor des magnetischen Systems vor und nach jedem Beobachtungssatze bestimmt.

Die magnetische Feldstärke, die sich am Orte des Magnetsystems ergiebt, kann entweder berechnet werden, indem man die rotierenden geladenen Kugeln einem Gleichstrom äquivalent setzt, dessen Intensität der pro Sekunde jeden Querschnitt passierenden Elektrizitätsmenge gleich ist, oder indem man die Feldstärke berechnet, welche alle Kugeln auf den nacheinander passierten Wegen hervorbringen, indem man eine Feldstärkenkurve aufträgt und den Mittelwert aus dieser Kurve bestimmt. Die letztere Methode ist im vorliegenden Fall einfacher, da die Magnetnadeln in der Nähe und direkt oberhalb des einen Satzes von Kugeln sich befanden.

Die Feldstärke, welche eine mit der Ge-

schwindigkeit v sich bewegende Elektrizitätsmenge q hervorruft[1]), berechnet sich zu

$$H = \frac{q \cdot v \cdot \sin \varepsilon}{\varrho^2},$$

wobei ϱ den Radiusvektor bedeutet, welcher von der Ladung nach dem Punkte gezogen wird, an welchem H gemessen wird und ε den Winkel zwischen ϱ und der Richtung der Bewegung darstellt. Diese Beziehung gilt nur, solange die Geschwindigkeit v klein ist im Vergleiche mit der Lichtgeschwindigkeit und kann auch als Ausdruck der magnetischen Kraft gelten, welchen eine bewegte geladene Kugel hervorbringt, wenn man deren Ladung sich in ihrem Mittelpunkte vereinigt denkt. Die Richtung der Kraft steht senkrecht zu ϱ und zur Richtung der Bewegung.

Die Feldstärke an der Stelle der oberen oder unteren Magnetnadel wird in folgender Weise gefunden: die Mittelpunkte der beiden Gruppen von Kugeln bewegen sich auf zwei paralellen Kreisen, die den Abstand b voneinander haben. Die Rotationsebene stehe senkrecht zur Papierebene (Fig. 3).

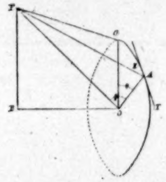

Fig. 3.

Die Nadeln liegen in einer der Rotationsebenen. Gesucht ist die Feldstärke in P, die der Kugel in A entspricht. Es sei

$\varrho = PA$.
$b = OB$.
$d = PB$.
$c = OC = OA$ = Rotationsradius.
ε = Winkel zwischen ϱ und Tangente in A.
Θ = Winkel zwischen dem Vertikalradius und dem Radius nach A.

So ist $\varrho^2 = d^2 + b^2 + c^2 - 2c\sqrt{d^2 + b^2} \cos \varphi$

$$\cos \varphi = \cos \Theta \frac{d}{\sqrt{d^2 + b^2}}$$

$$\varrho^2 = d^2 + b^2 + c^2 - 2\,dc \cos \varphi$$

$$\cos \varepsilon = \frac{d \cdot \sin \Theta}{\varrho}$$

$$\sin \varepsilon = \sqrt{\frac{(d \cos \Theta - c)^2 + b^2}{d^2 + b^2 + c^2 - 2\,dc \cos \Theta}}$$

Die Kraft wirkt in einer Richtung, die senkrecht zu ϱ und der Tangente in A steht. Die Komponente dieser Kraft in Richtung der Normalen zur Rotationsebene ist zu berechnen. Wenn ψ den Winkel zwischen der Richtung der Kraft und der Normalen zur Rotationsebene bedeutet, so gilt

$$\cos \psi = \frac{d \cos \Theta - c}{\sqrt{(d \cos \Theta - c)^2 + b^2}}$$

$$v = 2 \pi c N,$$

wo N die Anzahl von Umdrehungen pro Sekunde bedeutet. Es ist daher

$$H = \frac{2 \pi N . c . q\,(d \cos \Theta - c)}{V[d^2 + b^2 + c^2 - 2\,dc \cos \Theta]^{3/2}}$$

X ist dabei diejenige Komponente der Feldstärke in P in Richtung der Achse, welche der Stellung der Kugel in A entspricht. V ist das Verhältnis der Einheiten. Die Kapazität der Kugeln und ihre Potentiale sind in elektrostatischen Einheiten gemessen.

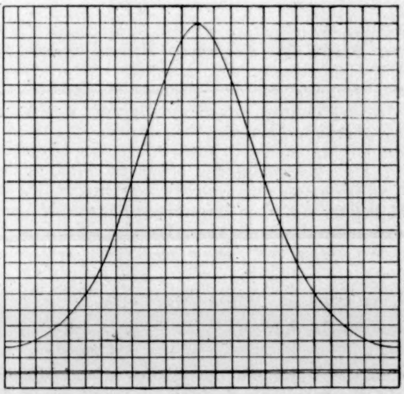

Fig. 4.

Fig. 4 stellt diesen Ausdruck dar und zeigt, wie sich die Kraft mit der Lage der Kugeln ändert. Die obere Kurve giebt die resultierende Feldstärke an der Stelle der unteren Nadel, wie sie dort durch die beiden Kugelreihen hervorgebracht wird und die untere Kurve, die nahezu eine gerade Linie darstellt, giebt die Feldstärke an der Stelle der oberen Nadel. Als Mittelwert der Feldstärke an der Stelle der unteren Nadel ergiebt sich durch Zeitintegration

$$\frac{2 \pi N \cdot q}{V} . A$$

und als Mittelwert der Kraft an der Stelle der oberen Nadel

$$\frac{2 \pi N \cdot q}{V} . B$$

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. **11**, 236, 1881; Heaviside, Electrical Papers **2**, 505.

also ist die Wirkung auf die Nadel dieselbe, als ob konstante Kräfte von dieser Grösse auf sie wirkten.

Die Feldstärke an Stelle der unteren Nadel, wie sie durch die Aichspule hervorgebracht wird, ist

$$\frac{2\pi \mathfrak{J} \cdot h^2}{(h^2 + x^2)^{3/2}} = 2\pi \mathfrak{J} \cdot C,$$

wo h den Radius der Windung und x ihren Abstand von der Nadelebene bedeutet. Die Feldstärke, welche die Aichspule an der Stelle der oberen Nadel hervorbringt, beträgt

$$2\pi \cdot \mathfrak{J}\left[\frac{1}{r}\left(\frac{h}{r}\right)^2 P_2(\cos\Theta) - \frac{1}{r} \cdot \frac{3}{2}\left(\frac{h}{r}\right)^4 P_4 (\cos\Theta) + \cdots\right] = 2\pi \mathfrak{J} \cdot D,$$

wo r den Abstand des Windungsmittelpunktes von der oberen Nadel und Θ den Winkel zwischen der Spulenachse und r bedeutet.

M sei das Moment der oberen Nadel und H die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus in ihrem Mittelpunkte; M' und H' die entsprechenden Werte für die obere Nadel. Θ sei die Winkelablenkung des Magnetsystems infolge des Stromes in der Aichspule, und φ die Winkelablenkung, welche infolge der Bewegung der geladenen Kugeln sich ergiebt. Setzt man das Drehmoment, welches infolge des Erdfeldes auf das Magnetsystem ausgeübt wird, gleich dem Drehmoment, welches der Strom in der Aichspule auf das Magnetsystem ausübt, und setzt man $M/M' = 1$, so ergiebt sich:

$$\frac{HM - H'M'}{M} = \frac{2\pi \mathfrak{J}(C - D)}{\operatorname{tang}\Theta}.$$

In ähnlicher Weise erhält man

$$\frac{HM - H'M'}{M} = \frac{2\pi N \cdot q\,(A - B)}{V \operatorname{tang}\varphi},$$

wenn das Drehmoment, welches auf das Magnetsystem infolge des Erdfeldes ausgeübt wird, gleich dem Drehmoment infolge der rotierenden geladenen Kugeln gesetzt wird. Somit

$$V = \frac{A - B}{C - D} \cdot \frac{N \cdot q}{\mathfrak{J}} \cdot \frac{\operatorname{tang}\Theta}{\operatorname{tang}\varphi}.$$

Sei nun δ die Skalenablenkung, die sich bei Umkehr des Stromes $\mathfrak{J}$ in der Aichspule ergiebt und Δ die Skalenablenkung, die sich bei Umkehrung der Ladung der Kugeln ergiebt, so ist

$$V = \frac{A - B}{C - D} \cdot \frac{N \cdot q}{\mathfrak{J}} \cdot \frac{\delta}{\Delta}.$$

Die Ladung der Kugeln ist für die quantitative Bestimmung eine sehr unsichere Grösse, und speziell aus diesem Grunde ist die Methode der rotierenden Kugeln für quantitative Arbeiten viel weniger geeignet, als die Methode der rotierenden Scheiben, namentlich, wenn man sie wie Rowland in seinem zweiten Versuch anwendet. Wäre nur eine Reihe von Kugeln, die alle zum selben Potential geladen sind, verwendet worden, so wäre eine gleich grosse, entgegengesetzt gerichtete Ladung auf den benachbarten Konduktoren induziert worden und diese induzierte Ladung hätte sich mit den Ladungen auf den Kugeln bewegt. In diesem Falle wäre es schwer gewesen, die resultierende Wirkung zu bestimmen. Aus diesem Grunde wurden zwei getrennte Kugelreihen benützt, die entgegengesetzte Ladung trugen und immer in der gleichen relativen Lage zu einander blieben. Die Kapazität der Kugeln wurde unter der Voraussetzung berechnet, dass ausser ihnen keine Leiter zugegen wären. Die Ladung auf jeder Kugel wurde mittels der Methode der elektrischen Bilder berechnet, indem die Ladungen auf allen übrigen Kugeln als in ihren Mittelpunkten konzentriert angenommen wurde. Es ergiebt sich dann nach Maxwell (volume 1, section 159):

$+q$ = Ladung einer jeden Kugel
$+P$ = Potential derselben
a = Radius derselben
f_1, f_2, etc. = Abstände der Kugelmittelpunkte voneinander.

Dann ist die Ladung auf jeder Kugel gegeben durch

$$q = P \cdot a - q \cdot a\left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_3} + \cdots\right) + q \cdot a \left(\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_4} + \cdots\right),$$

wo sich die ungeraden Indices auf die Kugeln einer Gruppe und die geraden Indices auf die Kugeln der anderen Gruppe beziehen.

Das Potential der Akkumulatoren wurde sowohl mittels Schutzring-Elektrometers als mittels maximaler Funkenschlagweite zwischen zwei metallischen Kugeln ermittelt. Als Mittelwert ergab sich in elektrostatischen Einheiten

$$P = 63.$$

Der grosse Vorteil, den eine Akkumulatorenbatterie als Elektrizitätsquelle bietet, besteht darin, dass eine Messung zur Bestimmung des Potentials ausreicht. Die Batterie wurde jedesmal vor ihrer Verwendung frisch geladen und ihre Spannung änderte sich zwischen den einzelnen Versuchen nur ausserordentlich wenig.

Die Kugeln hatten einen mittleren Radius von 1,35 cm; der Umdrehungsradius betrug 20,38 cm; der Abstand der unteren Nadel vom Achsenmittel betrug 22,91 cm und der der oberen Nadel 29,28 cm.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate einiger Beobachtungsreihen:

No.	*N.*		*J.*	*δ.*	*V.*
1	42	6,7	0,00364	26	$2,6 \times 10^{10}$
2	55	10,6	0,00355	31	2,6
3	55	9,0	0,00355	31	3,1
4	49	11,3	0,00298	29	2,9
5	41	5,5	0,00280	15	2,7
6	48	7,0	0,00280	15	2,6
				Mittel	$2,8 \times 10^{10}$.

Diese Zahlen geben das Resultat der Versuche ziemlich gut wieder. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist sicher so gross, als mit Rücksicht auf die Fehlerquellen des Versuches erwartet werden kann.

Nur schwer bestimmbar sind: 1. Die thatsächlich von den Kugeln getragenen Ladungen und der Einfluss der Körper in der Umgebung, speziell der stanniolbedeckten Glasplatte, welche die Magnetometerröhre unten abschliesst, wenn auch dieser Stanniolbelag in Streifen von ungefähr 1 mm Breite zerschnitten ist und daher nur geringe Wirkung ausüben kann. 2. Die ungleichmässige Verteilung der Elektrizität auf den Kugeln, so dass die Ladungen, genau genommen, nicht im Mittelpunkte vereinigt angenommen werden können. 3. Fehler in der Bestimmung der Nadelablenkungen, die von äusseren Störungen herrühren.

Es wurden auch Versuche ausgeführt, bei denen die Richtung der Bewegung der Kugeln umgekehrt wurde. Die erhaltenen Resultate entsprachen in jeder Hinsicht den oben angeführten, nur dass das Vorzeichen umgekehrt war. Versuche, bei denen nur ein Teil der 10000 Zellen der Akkumulatorenbatterie verwendet war, lieferten Resultate, die mit dem vorausgegangenen ziemlich gut übereinstimmen; jedoch waren die Ablenkungen zu klein, als dass man eine sehr genaue Übereinstimmung hätte erwarten können.

Jefferson Physical Laboratory, Harvard University, Cambridge Mass.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer-München.)

(Eingegangen 2. Oktober 1901.)

Notiz über polare Unterschiede bei Spitzenentladungen und die Verhältnisse der Ionengeschwindigkeiten.

Von K. v. Wesendonk.

Ganz kurz sei hiermit hingewiesen auf die Verhältnisse der Ionengeschwindigkeiten für negatives und positives Vorzeichen $\left(\frac{V-}{V+}\right.$, wenn $V-$ und $V+$ die Geschwindigkeiten der negativen resp. positiven Ionen bezeichnen), welche in neuerer Zeit für den Sauerstoff und einige andere Gase gefunden worden sind. Für dieses Gas in trockenem Zustande findet genanntes Verhältnis, nämlich

Zéleny[1]) = 1,32
Townsend[2]) = 1,58
Chattock, Walker und Dixon[3]) = 1,42,

während in Luft entsprechend die Werte lauten

1,375
1,54
1,36

und in Wasserstoff:

1,19
1,54
1,38.

Nun ist bekannt[4]), dass Sauerstoff die Entladung der negativen Elektrizität im Vergleich zur positiven bei Spitzenausströmung keineswegs so begünstigt, wie einige andere Gase, und man könnte daher erwarten, dass dieser Umstand auch in den oben erwähnten Verhältnissen $\frac{V-}{V+}$ zur Geltung gelange. Das ist aber, wie man sieht, selbst bei den von Chattock, Walker und Dixon für Spitzenentladungen bestimmten Werten keineswegs der Fall. Bei den erwähnten Versuchen von Townsend und Zéleny handelt es sich um Gase, die durch Röntgenstrahlen aktiviert worden sind, wobei meines Wissens keine erhebliche Ozonbildung eintritt, wie bei der Spitzenentladung in Sauerstoff. Hiermit bringt nun aber Herr Warburg[5]) in seiner bedeutungsvollen Arbeit über negative und positive Spitzenentladung in reinen Gasen die relativ geringe Leitfähigkeit des O für negative Elektrizität in Verbindung. Man sollte demnach erwarten, dass bei den Versuchen von Chattock u. s. w. dieser Einfluss der Ozonbildung zur Geltung käme, auch wenn ein solcher sich beim röntgenisierten Gase nicht zeigte. Townsend giebt in der That an, für trockene Luft diffundierten die Ionen der Spitzenentladung[6]) langsamer, als die durch Röntgen- oder Radiumstrahlen wie durch ultraviolette Strahlen hervorgerufenen, welch letztere Methoden fast identische Werte ergeben.

1) Diese Zeitschr. **2**, 604, 1901.
2) Ebd. **1**, 313—316, 1900.
3) Chattock u. s. w. Phil. Mag. (6) **1**, 79—98, 1901.
4) Schon Faraday fand die polaren Verschiedenheiten der Lichterscheinungen in O wenig ausgeprägt. Herr Warburg (Wied. Ann. **40**, 16, 1890) wies auf den Einfluss kleiner Beimengungen von O auf das Kathodengefälle hin. Verf. bemerkte zu jener Zeit, dass Sauerstoff, dem Stickstoffe beigemengt, der negativen Spitzenausströmung hinderlich ist. Wie gross die Wirkung kleiner Mengen O, zeigte dann Herr Warburg 1899 und Ann. der Phys. **2**, 309 ff. 1900.
5) Warburg, Ann. der Phys. **2**, 313, 1900.
6) Andererseits stimmen aber die von Chattock aus Spitzenentladungen gefundenen Ionengeschwindigkeiten gut mit den von anderen Beobachtern in röntgenisierten Gasen gefundenen überein.

Einen Einfluss konnte allerdings die Spannung haben, die bei Chattock u. s. w. nicht angegeben, auch sind seine Versuchsanordnungen ja nicht identisch mit denen anderer Forscher. Doch ergaben sich bei verschiedenen Stromstärken von 3,2, 1,6 und 0,8 Mikroampère in O_2 die nahe übereinstimmenden Werte für $\frac{V-}{V+}$ von 1,43, 1,40, 1,42, also unter erheblich verschiedenen Entladungsumständen. Nach Herrn Warburg ist die Leitfähigkeit für negative Elektrizität beim Spitzenpotential $V = 5180$ Volt grösser, bei $V = 6790$ Volt erheblich kleiner, bei $V = 8450$ Volt nahe gleich derjenigen für das andere Vorzeichen. Herr Sieveking[1]) findet im Sauerstoff zwar stärkere Ausstrahlung der negativen Ladung, aber doch weniger als in anderen Gasen, er spricht von einer deutlichen Bevorzugung von + Elektrizität in O_2. Eine solche von — Elektrizität ist nach ihm in Kohlensäure vorhanden, was aber nach den Werten von $\frac{V-}{V+}$ für dieses Gas nicht zu erwerten gewesen wäre[2]).

Diese lauten nämlich:

Zéleny	1,07
Townsend	1,13
Chattock u. s. w. . . .	1,11

Dass bei den betreffenden Messungen übrigens noch gewisse Unbestimmtheiten obwalten, zeigt deutlich der Umstand, dass Herr Sieveking die negative Leitung in Stickstoff kleiner findet als in Luft, während doch Verfasser[3]) seinerzeit mit Bestimmtheit beobachtete, wie in Stickstoff bei ziemlich gleicher Durchlässigkeit für positive Ladungen die negative Elektrizität nicht unbedeutend begünstigt erscheine im Vergleich zu Luft, und daher zu dem Schlusse kam, die Gegenwart von Sauerstoff in der Luft vermehre den Widerstand gegen negative Entladungen nicht unerheblich. Nach Herrn Warburgs[4]) Untersuchungen ist in ganz sauerstofffreiem N der negative Strom gar hunderte Male so stark als der positive, ein allerdings recht auffallendes Resultat. Bei dem Wasserstoff ferner ist wohl kaum ein Zweifel vorhanden über die sehr erhebliche Begünstigung der negativen Strömung im Vergleich zu Sauerstoff, und doch sind die Werte von $\frac{V-}{V+}$ darin sogar kleiner als in O.

1) Sieveking, Ann. der Phys. **1**, 310, 1900. Verfasser möchte hierzu (S. 311 Anm.) anführen, dass der dort genannte Satz b doch auch schon aus seinen Beobachtungen folgt, und gilt, solange die Entfernung Spitze — Platte nicht zu gross. Ausnahme scheint bei starken positiven Büscheln eintreten zu können.

2) Die Lichterscheinungen sind übrigens nach Faraday in CO_2 polar nur wenig verschieden.

3) Wesendonk, Wied. Ann. **39**, 601 u. 605—606. 1890. Naturw. Rundsch. **4**, 441—43, 1889.

4) Warburg, Ann. der Phys. **2**, 310, 1900.

Liegen also gegen die Bestimmungen der Ionengeschwindigkeiten nicht erhebliche Bedenken vor, so müssen neben diesen bei der Durchlässigkeit der Gase für Spitzenausströmung noch andere Momente von massgebender Bedeutung sein. Chattock weist nun auf den Einfluss des Zustandes der Oberfläche der Spitze hin, von dem besonders die negative Entladung abhängig sei[1]), die denn auch bedeutend schwankendere Werte liefere.

Zur Annahme einer solchen Oberflächenwirkung resp. eines erheblichen Einflusses kleiner oberflächlicher Änderungen, wie durch Verstäubung, Auflockerung, Okklusionen, chemischen Angriffes durch selbst sehr kleine Mengen einer dem umgebenden Medium beigemengten Substanz u. dgl. m., führen manche Thatsachen, auch Verfasser hatte mehrfach Gelegenheit, darauf hinzuweisen.

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

1) Sonst nahm man wohl eher das Gegenteil an (vgl. Wiedemann, Elektrizität **4**, 726, 1885), doch ist zu beachten, dass man bei positiver leuchtender Entladung zwischen den den Funken näherstehenden eigentlichen Büscheln und dem (damit stets verbundenen) positiven Glimmen zu unterscheiden hat. Auf letzteres bezöge sich denn wohl nur Chattocks Bemerkung.

Elektrolytische Vorschaltzelle für den Betrieb von Induktorien bei Wechselstrom.

Von E. Knoblauch.

Schon immer hat es Schwierigkeiten gemacht, Röntgenapparate mit Wechselstrom zu benutzen, da der Wechselstrom immer nur in einer Richtung durch die primäre Spule des Induktoriums gelangen darf, um die sehr störenden Lichtschwankungen in der Röntgenröhre zu vermeiden.

Ich habe unter freundlicher Mitwirkung des Herrn Ingenieur Berger hierüber viele Versuche angestellt und zwar in dem physikalischen Versuchslaboratorium der Firma Reiniger, Gebbert und Schall in Erlangen. Ein von Herrn Ruhmer in Berlin überlassener Unterbrecher, wie er in dieser Zeitschrift[1]) beschrieben ist, liess sich trotz vieler Mühe leider bei Wechselstrom von 50 Perioden und 110 Volt Betriebsspannung nicht in Thätigkeit setzen, weil die Spannung wahrscheinlich zu gering war. Da es aber wichtig ist, gerade bei 110 Volt den Wechselstrom für Röntgenzwecke benutzen zu können, kam ich, angeregt durch den Ruhmerunterbrecher, darauf, eine Gleichrichtzelle vor den Unterbrecher zu schalten, die aus je einer Blei- und Aluminiumelektrode

1) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 742, 1901.

besteht, welche in einer 20 prozent. Seignettelösung stehen. Bei dieser Versuchsanordnung liessen sich Simon-, Wehnelt-, ja sogar Quecksilberstrahlunterbrecher anwenden. Die Unterbrecher arbeiteten bei einer eingeschalteten Röntgenröhre tadellos, bei letzterer markierte sich eine scharfe Trennung beider Hälften, als Beweis, dass die elektrolytische Vorschaltzelle nur eine Stromphase des Wechselstromes zum Unterbrecher gelangen lässt.

Die elektrolytischen Unterbrecher brauchen bekanntlich zum Betrieb ziemlich hohe Stromstärken, wodurch die Röntgenröhren stärker beansprucht werden, als oft notwendig ist; deswegen haben sich vielfach die Quecksilberstrahlunterbrecher eingeführt. Da diese nun mit Hilfe der vorgeschalteten Gleichrichtzelle auch bei Wechselstrom benutzt werden können, scheint mir für viele Fälle die oben angegebene Methode von Vorteil zu sein.

Erlangen, 20. Oktober 1901.

(Eingegangen 21. Oktober 1901.)

Über die Formen der von dem Michelsonschen Interferometer gelieferten Kurven.

Von John C. Shedd.

Die Theorie der Interferenzerscheinungen, welche das Michelsonsche Interferometer liefert, ist eingehend von Professor A. A. Michelson (Phil. Mag. [5], 13, 236—242, 1882) diskutiert worden. In der vorliegenden Abhandlung soll das Problem von einem anderen Gesichtspunkte aus behandelt werden.

Fig. 1 zeigt die gebräuchliche Form des Apparates.

M, M_1 = stark versilberte Spiegel.

A = Platte mit parallelen Seiten, welche zur Hälfte auf der M gegenüberliegenden Seite versilbert sind.

C = Platte von derselben Dicke wie A und parallel A. Diese Platte heisst der Kompensator.

M_2 befindet sich auf einem beweglichen Klotze, welcher durch die Schraube S verstellt werden kann.

Die Interferenzerscheinungen werden mittels des Auges oder des Teleskopes bei T betrachtet.

Man kann sich offenbar vorstellen, dass der Spiegel M_2 sich hinter M_1 dort befindet, wo die punktierten Linien M_2 gezeichnet sind. Nimmt man dies an, so braucht man nur, wie Professor Michelson nachgewiesen hat, M_1 und M_2 zu berücksichtigen.

Man kann dann die ganze Erscheinung behandeln, als ob sich eine Lichtquelle S' in der Ebene von M_1 und seines Bildes S' in M_2

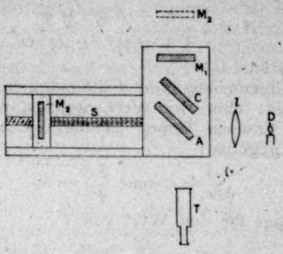

Fig. 1.

(Fig. 2) befindet. In Fig. 2 ist Winkel $ApB = \Theta$ und Winkel $BPC = i$.

Im folgenden sollen die folgenden Bezeichnungen benutzt werden:

t_0 = senkrechte Entfernung zwischen M_1 und M_2. Am Apparate wird dieselbe mit Hilfe der Schraube S (Fig. 1) bestimmt.

φ = Winkel zwischen M_1 und M_2. Derselbe wird mit Hilfe von Schrauben, die sich auf der Rückseite von M_1 befinden, ermittelt (physikalisch ist der Winkel φ der Winkel, um den die Ebenen von M_1 und M_2 von 90^0 abweichen).

P = senkrechte Entfernung von M_1 bis zur Ebene, welche die Interferenzerscheinung enthält. Diese wird Brennebene genannt.

i, Θ = Winkel, zwischen der Lichtquelle bei P und der Brennebene. Θ ist in der Ebene senkrecht zur Ebene von φ; i liegt in der zu φ parallelen Ebene. Diese Winkel können auch als die Einfallswinkel der interferierenden Strahlen auf die Brennebene definiert werden, wobei Θ in der zu φ senkrechten Ebene liegt. Die Brennebene ist senkrecht sowohl zur Ebene von Θ, als auch von i.

Δ = Differenz der Weglängen, welche durch die zwei Strahlen, die bei P Interferenz hervorrufen, zurückgelegt werden.

Professor Michelson hat nachgewiesen, dass der Wert von Δ durch die Gleichung

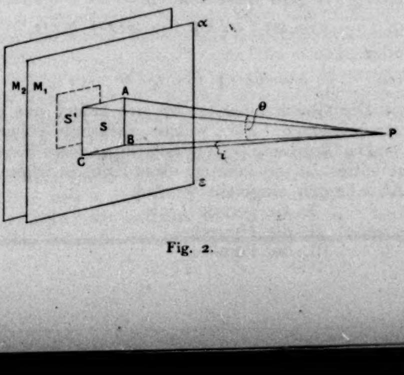

Fig. 2.

1) $$\Delta = 2\,\frac{t_0 + P\,tg\,i\,tg\,\varphi}{\sqrt{1 + tg^2\,i + tg^2\,\Theta}}$$

gegeben ist.

Im allgemeinen kann Δ alle möglichen Werte annehmen; aber der Wert, welcher die deutlichsten Fransen liefert, ist durch die Bedingungen gegeben:

2) $$\frac{\delta \Delta}{\delta \Theta} = 0 \text{ und } \frac{\delta \Delta}{\delta i} = 0.$$

Dies liefert für den Wert von P

3) $$P = \frac{t_0}{tg\,\varphi}\,tg\,i.$$

Da die Brennebene senkrecht zur Richtung P ist, wird jeder Punkt (x, y) auf ihr durch die Gleichungen bestimmt

4) $$\begin{cases} x = P\,tg\,i \\ y = P\,tg\,\Theta. \end{cases}$$

Die Form der durch die Interferenz hervorgerufenen Kurve wird durch Substitution der Gleichungen (4) in Gleichung (1) erhalten. Dies liefert:

5) $$\Delta^2 y^2 = (4\,P^2\,tg^2\,\varphi - \Delta^2)\,x^2 + 8\,t_0\,P^2\,\varphi \cdot x + P^2(4\,t_0^2 - \Delta^2).$$

Die weitere Behandlung dieses Gegenstandes läuft auf die Analyse von Gleichung (5) heraus.

Gleichung (5) ist die eines Kegelschnittes; die verschiedenen Formen desselben können leicht durch Betrachtung der Excentrizitätsgleichung ermittelt werden.

Der allgemeine Ausdruck für die Excentrizität ist in diesem Falle

6) $$e = \sqrt{1 + t/B},$$

wo t der Koeffizient von x^2 und B von y^2 ist.

Im vorliegenden Falle geht sie in den einfachen Ausdruck über

7) $$e = \frac{2\,P\,tg\,\varphi}{\Delta}.$$

Substituiert man den Wert von P in Gleichung (3), so erhält man

8) $$e = \frac{2\,t_0\,tg\,i}{\Delta}.$$

Durch Einführung des Wertes von Δ in Gleichung (1) geht diese über in

9) $$e = sin\,i\,cos\,i\sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \Theta}$$

oder

10) $$e = sin\,i\sqrt{1 + tg^2\,\Theta\,cos^2\,i}.$$

Die Gleichungen (7) bis (10) liefern uns die verschiedenen Fälle, welche auftreten können.

Da Gleichung (5) die Gleichung eines Kegelschnittes ist, so können diese Fälle in folgende Abteilungen eingeteilt werden:

I. die gerade Linie,
II. die Hyperbel,
III. die Parabel,
IV. die Ellipse,
V. der Kreis.

I. Die gerade Linie. Hier ist

$$e = \infty. \qquad 11)$$

Dieser Fall tritt ein, wenn $\Delta = 0$ (Gleichung 7 oder 8) oder $\Theta = 90^0$ (Gleichung 10).

Ist zu gleicher Zeit $t_0 = 0$, dann werden die Gleichungen (7) und (8) unbestimmt. Dies bedeutet, dass M_1 und M_2 (Fig. 2) zusammenfallen, und daher kann keine Interferenz auftreten.

Ist $\Delta = 0$, dann wird Gleichung (5)

$$(tg\,\varphi\,x + t_0)^2 = 0, \qquad 12)$$

die Gleichung zweier, zusammenfallender gerader Linien. Der Wert von Δ wird jedoch nur Null für die mittlere Bande, während die beiden Banden zu beiden Seiten verschiedene Krümmung besitzen. Beim Experimentieren lässt sich der Apparat leicht so einstellen, dass das Feld ganz mit Banden bedeckt ist, welche beinahe gerade Linien sind.

II. Die Hyperbel. $e > i$ und $< \infty$. Aus den Gleichungen (1) und (7) folgt, dass die Banden zu beiden Seiten der mittleren, Hyperbeln sind; denn da P klein ist (P verschwindet für die mittlere Bande), so nehmen die Werte von Θ und i rasch zu. Ferner da der Wert von t_0 auch sehr klein ist, so ist der Wert von Δ in Gleichung (1) klein und daher wird der Wert von e aus Gleichung (11) gross, aber nicht unendlich sein.

Der Wert von e hängt von Franse zu Franse sehr von dem Werte von φ ab. Ist der Wert von φ sehr klein, so nimmt der Wert von e schnell ab und ist dann die Änderung der Krümmung leicht mit dem Auge wahrnehmbar. Für grössere Werte von φ ist die Änderung von e nicht mehr so leicht zu beobachten.

Nimmt der Wert von t_0 zu (durch Drehen der Schraube S), so nimmt der Wert von Δ schneller zu, als der Wert von t_0 und der Wert von e nimmt ab. Hieraus folgt, dass, wenn M_2 sich entfernt, die Fransen immer mehr und mehr gekrümmt werden.

Die Gleichung der Hyperbel ist

$$\frac{x^2}{t^2} - \frac{y^2}{B^2} = 1 \qquad 13)$$

und

$$t^2 = \frac{\Delta^2\,P^2\,(\Delta^2 - 4\,t_0^2)}{\Delta^2 - 4\,P^2\,tg\,\varphi}$$

und

$$B^2 = P^2\,(\Delta^2 - 4\,t_0^2).$$

Die gleichseitige Hyperbel:

$$e = \sqrt{2}.$$

Für diesen Wert von e wird Gleichung (10)

$$tg\,\Theta = \sqrt{\frac{2}{sin^2\,i} + sin^2\,i - 1}. \qquad 14)$$

Die folgende Tabelle zeigt die Beziehung zwischen i, Θ und P.

Tabelle I.

$\sin i$	i	$\tan\Theta$	Θ	P
0	0^0	∞	90^0	$\frac{t_0}{\tan\varphi}\times 0 = 0$
0,5	30^0	2,7	70^0—	$\frac{t_0}{\tan\varphi}\times 0{,}58$
0,707	45^0	1,87	62^0—	$\frac{t_0}{\tan\varphi}\times 1$
0,877	60^0	1,58	58^0—	$\frac{t_0}{\tan\varphi}\times 1{,}73$
1	90^0	1,4	$54^0 40'$	$\frac{t_0}{\tan\varphi}\,\infty = \infty$

Werden i und Θ miteinander vertauscht, so wird das konjugierte System von Hyperbeln erhalten. Der Grenzwert von Θ ist $54^0\ 40'$. Offenbar kann Θ diesen Wert nur haben, wenn die Brennebene ganz nahe an M_1 liegt. Hieraus folgt, dass die gleichseitige Hyperbel nur mit kleinen Werten von t_0 beobachtet wird. Mit grossen Werten von φ wird man dasselbe Resultat erhalten, da dieselben kleine Werte für P liefern. Allgemein muss bei der Hyperbel

$$\varDelta < 2\,P\,tg\,\varphi$$

oder

$$\varDelta < 2\,t_0\,tg\,1$$

oder

$$\sin\Theta > \frac{1}{\sqrt{1+\sin^2 i}},$$

was $\Theta = 45^0$ und $i = 90^0$ giebt.

III. Die Parabel. Die Parabel ist der Grenzwert für die Hyperbel und $e = 1$. Die notwendigen Bedingungen für die Parabel sind:

$$\varDelta = 2\,P\,tg\,\varphi\,,\ \text{aus Gleichung}\quad (7)$$

$$\text{oder}\quad \varDelta = 2\,t_0\,tg\,i\,,\quad ,,\quad ,,\quad (8)$$

$$\text{oder}\quad \Theta = \frac{1}{\sin i}\quad ,,\quad ,,\quad (10)$$

Die Grenzwerte für i und Θ sind:

$$i = \pm 90^0,\qquad \Theta = \pm 45,$$

die Gleichung für die Hyperbel ist:

$$15)\qquad y^2 = \frac{4\,P\,t_0}{\varDelta}\,X,$$

wo

$$X = x - P\,\frac{4\,t_0^2 - \varDelta^2}{4\,t_0\,\varDelta}.$$

IV. Die Ellipse $e < i$. In diesem Falle ist:

$$\varDelta > 2\,P\,tg\,\varphi\,,\ \text{aus Gleichung}\quad (7)$$

$$\text{oder}\quad \varDelta > 2\,t_0\,tg\,i\,,\quad ,,\quad ,,\quad (8)$$

$$\text{oder}\quad tg\,\Theta < \frac{1}{\sin i},\quad ,,\quad ,,\quad (10)$$

Diese Bedingung wird durch eine Zunahme von t_0 mittels der Schraube S erreicht. Durch Verändern des Wertes von φ kann man dasselbe Resultat erhalten, vorausgesetzt, dass der Wert von t_0 nicht zu klein ist. Für solche Werte von t_0, bei denen $\varDelta$ nicht merklich von $2\,P$ abweicht, wird der Wert von e durch den Wert von φ bestimmt, und Gleichung (7) kann geschrieben werden:

$$e = tg\,\varphi \qquad 16)$$

und Gleichung (8)

$$e = tg\,i\,, \qquad 17)$$

da P und t_0 einander gleich sind.

Offenbar wird die vorstehende Bedingung nur für grosse Werte von t_0 realisiert.

Leicht gelingt es, t_0 und φ so zu adjustieren, dass das Gesichtsfeld mit elliptischen Fransen bedeckt ist. Die Elliptizität nimmt zu, wenn das Auge sich von der Mitte nach seitwärts bewegt.

Die Gleichung der Ellipse ist

$$\frac{x^2}{t^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1\,, \qquad 18)$$

wo

$$t^2 = \frac{\varDelta^2\,P^2\,(4\,t_0^{\,2} - \varDelta^2)}{\varDelta^2 - 4\,P^2\,tg^2\,\varphi} \qquad 19)$$

$$B^2 = P^2\,(4\,t_0^{\,2} - \varDelta^2).$$

V. Der Kreis.

$$e = 0.$$

Hier muss eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein:

(1) $\varphi = 0$
oder (2) $P = 0$, vorausgesetzt dass $\varDelta$ nicht Null ist
oder (3) $t_0 = 0$, ,, ,, $\varDelta$,, ,,
oder (4) $i = 0$, ,, ,, Θ ,, 90^0 ,,

Bedingung (1), wo $\varphi = 0$ ist, während alle übrigen Grössen bestimmte endliche Werte besitzen, ausser P, welches nach Gleichung (3) ∞ ist, lässt sich am leichtesten erfüllen.

Ist $P = \infty$, so nehmen offenbar i und Θ denselben Grenzwert, nämlich o, an, und unterscheiden sich voneinander wie keine endliche Grösse.

Aus der Gleichung

$$e = tg\,i$$

folgt, dass in Fall IV $e = 0$ für die mittlere Franse ist, da hier $i = 0$. Offenbar wird auch, da t_0 zunimmt, der grösste Wert von i für das vom Instrument beherrschte Gesichtsfeld kleiner. Daher scheinen die Fransen bei zunehmender t_0 immer mehr und mehr kreisförmig zu werden. Für Werte von t_0, welche grösser als 10 mm sind, erscheinen die Fransen kreisförmig, selbst wenn φ nicht Null ist.

Es ist leicht zu entscheiden, wann φ nicht Null ist, denn dann ist P nicht ∞ und die Werte von i und Θ sind nicht identisch. Wird das Auge jetzt auf und ab oder von links nach rechts bewegt, so bewegen sich die Fransen,

eine Erscheinung, welche man eine Art von „Parallaxe" nennen könnte, und mit deren Hilfe es leicht gelingt, φ richtig, d. h. $= 0$, zu adjustieren.

Alle oben beschriebenen Kurven lassen sich leicht erhalten, wenn man erst t_0 einen kleinen Wert beilegt und durch Adjustieren von φ die mittlere gerade Bande erhält: Wird jetzt t_0 grösser, dadurch dass M_2 zurückgezogen wird, so verwandeln sich die Fransen in Hyperbeln, dann einen Augenblick in Parabeln, dann in Ellipsen und schliesslich für grosse Werte von t_0 in einen Kreis.

VI. Ausser den vorhergehenden allgemeinen Fällen sind noch einige andere besondere von Interesse. Wir beginnen mit der Beschreibung des Verhaltens der Fransen, wenn t_0 durch den Wert Null hindurchgeht und das Vorzeichen wechselt.

Befindet sich M_2 hinter M_1, so ist t_0 positiv und für grosse Werte von t_0 haben φ und i das entgegengesetzte Vorzeichen; die Brennebene liegt hinter M_1. Unter diesen Bedingungen sind t_0 und φ positiv, i und P negativ. Nach Gleichung (1) ist $\varDelta$ negativ und e (Gleich. 7) natürlich positiv. Für grosse Werte von t_0 ist der Wert von P nach Gleichung (3) ebenfalls gross und i daher sehr klein. Daher ist e nach Gleichung (8) klein und die Fransen sind thatsächlich Kreise.

Wird M_2 vorgeschoben bis $t_0 = 0$, dann ist nach Gleichung (3) $P = o$ und die Brennebene durchschneidet die Ebene von M_2 im Gesichtsfeld.

Da $t_0 = 0$ und $\varDelta$ und i beide endlich sind, so ist der Wert von $e = 0$ (Gleichung 8). Da $t_0 = 0$, so können auch chromatische Fransen erhalten werden. Dieselben sind kreisförmig und ausserordentlich scharf.

Wird M_2 vor M_1 gebracht, so ändern t_0 und φ ihr Vorzeichen; sie werden negativ, während i und P positiv werden; $\varDelta$ bleibt negativ (das negative Vorzeichen vor $\varDelta$ bedeutet, dass $\varDelta$ abnimmt, wenn i zunimmt). Hieraus folgt, dass die Brennebene eine gekrümmte Fläche wird, welche gegen den Beobachter für negative Werte von P konkav ist. Dies kann mit dem Auge direkt beobachtet werden, insofern, als die Fransen auf einer konkaven Fläche zu liegen scheinen.

Der Wert von $\varDelta$ wird jetzt

$$20)\qquad \varDelta = 2\,\frac{-t_0 + P\,tg\,i\,tg\,\varphi}{\sqrt{1 + tg^2\,i + tg^2\,\Theta}}$$

und $t_0 > P\,tg\,i\,tg\,\varphi$, so dass $\varDelta$ negativ ist. Wird M_2 noch weiter vorgeschoben, so nimmt t zu und ebenso P. Eine Zeit lang nimmt der Wert von e (Gleichungen 7 und 8) zu; gleichzeitig gehen die Kurven aus Kreisen ($e = 0$) in Ellipsen ($e > 0$ aber < 1) über, dann in Parabeln ($e = 1$), weiter in Hyperbeln ($e > 1$) und schliesslich in eine gerade Linie ($e = \infty$).[1]

Nimmt der Wert von t_0 zu, nachdem der Minimumswert von $\varDelta$ erreicht ist, so wird die Zunahme von P reichlich aufgewogen durch die Abnahme des Wertes von $tg\,i$, so dass der Wert $P\,tg\,i\,tg\,\varphi$ abnimmt. Der Wert von $\varDelta$ nimmt daher zu und der von e nimmt ab. Hieraus ergiebt sich, dass, wenn M_2 weiter vorgeschoben wird, die konjugierten Hyperbeln sichtbar werden und in umgekehrter Reihenfolge durch die oben erwähnten Kurvenformen hindurchgehen und schliesslich als Kreise sichtbar werden.

Dieser Fall giebt uns ein gutes Mittel, um die chromatischen Fransen des Instrumentes aufzufinden (die Nulllage des Instrumentes.) Man verfährt dann folgendermassen: Nachdem man Fransen mit der Natriumflamme hergestellt hat, adjustiert man M_2 so, dass die Parallaxe ein Minimum ist und die Fransen Kreise sind. Dies liefert einen kleinen Wert für φ. Nun wird M_2 durch die Nulllage hindurchgeführt, bis die Kreise Hyperbeln werden. Jetzt wird M_2 zurückgeführt, bis die Fransen gerade anfangen, kreisförmig zu werden. Wird nun weisses Licht für die Natriumflamme eingeschaltet und M_2 noch weiter langsam mittels der Schraube zurückgeführt, so entstehen chromatische Fransen. Dieselben sind so scharf, dass man sie leicht mit dem diffusen Lichte des Zimmers erhalten kann.

VII. Der zweite ergänzende Fall bezieht sich auf die Drehung des Kompensators, welche die Weglänge und damit den Wert von t_0 verändert. Ist der Wert von t_0 schon gross, so wird diese Änderung weder den Wert von P (Gleichung 3) oder den von $\varDelta$ (Gleichung 1) merklich beeinflussen und daher bleibt auch der Wert von e derselbe. Ist jedoch t_0 klein, so bewirkt die Drehung eines Kompensators eine grosse relative Veränderung von t_0 und daher auch eine grosse von P und $\varDelta$; es ändert sich dann auch der Wert von e sehr schnell.

Ist beispielsweise der Wert von t_0 klein und der Kompensator parallel der Platte A (Fig. 1), so gehen die kreisförmigen Fransen bei einer derartigen Drehung, dass die optische Weglänge durch das Glas kleiner wird, in elliptische über, indem der Wert von e bei der Drehung grösser wird. Wird bei weiterer Drehung t_0 noch kleiner, so nimmt e weiter zu und die Fransen verwandeln sich aus der parabolischen Form in die hyperbolische. Bald erscheint auch das konjugierte System der Hyperbeln im Gesichtsfeld. Beim Drehen des Kompensators bis zur

1) Dies hängt davon ab, ob $\varDelta$ Null wird oder nur einen Minimumswert annimmt, um dann zuzunehmen. Im Instrument kann der Wert von $\varDelta$ leicht kontrolliert werden und die Fransen zu geraden Linien gemacht werden.

Parallelität mit M_1 verändert sich das Aussehen der Fransen: Sobald nämlich die parallele Lage überschritten wird, ändert sich die Richtung der Bewegung der Fransen, und jetzt fängt auch der Wert von t_0 an zuzunehmen. Die Umkehr der Bewegung der Fransen ist eine sehr empfindliche Probe für den Parallelismus der Platten C und M (Fig. 1) und dürfte wohl von grossem Wert auch für andere Arbeiten sein.

VIII. Der dritte und letzte ergänzende Fall, welcher berücksichtigt werden muss, tritt auf, wenn $\varphi = o$ und $t_0 = o$ ist. Unter diesen Bedingungen ist P (Gleichung 3) unbestimmt. Daher ist D auch unbestimmt (Gleichung 1) und ebenso e nach den Gleichungen (7) und (8). Ist $t_0 = o$, so fallen M_1 und M_2 zusammen und offenbar sollte keine Interferenz vorhanden sein. Letzteres hängt jedoch davon ab, ob die zwei Lichtstrahlen genau dieselbe Phase haben. Da nun der eine Strahl an der äusseren Fläche von A, der andere an der inneren reflektiert wird, so müsste Interferenz auftreten, ausser wenn die Phasendifferenz gerade $\frac{1}{2}\lambda$ beträgt. Da M_1 und M_2 zusammenfallen, so sind i und Θ gleich Null und der Wert von e (Gleichung 9)

$$e = \sin i \cos i \sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \Theta} = o$$

und daher müssten die Fransen, wenn sie überhaupt vorhanden sind, Kreise sein.

Zu diesem Schlusse können wir auch auf folgende Weise gelangen. Eine Phasendifferenz, mag sie von irgend welcher Ursache herrühren, ist einem bestimmten Werte von t_0 äquivalent. Da $\varphi = o$, so muss e nach Gleichung (1) sein

$$e = \frac{2\, P\, tg\, \varphi}{\Delta} = o.$$

Wird weisses Licht benutzt, so tritt zu der von der Reflektion herrührenden Phasendifferenz noch **Dispersion** ein, welche durch den Kompensator hereinkommt (ausser wenn C genau parallel A ist, Fig. 1). Diese Dispersion ist von **Cornu** (C. R. 93, 1881) und **Michelson** (Phil. Mag. [5] **13**, 236, 1882) untersucht worden.

Hieraus folgt, dass sehr schöne chromatische Fransen, selbst dann, wenn $\varphi = o$ und $t_0 = o$, auftreten. Das Vorhandensein von Fransen unter diesen Bedingungen liefert uns ein Mittel, um zu prüfen, ob eine Phasendifferenz vorhanden ist, welche von einer der oben erwähnten Ursachen herrührt. Unter diesen Bedingungen sind 147 kreisförmige chromatische Fransen gezählt worden.

Colorado College, September 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 1. Oktober 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

Edmund Hoppe (Hamburg), Naturforschung und Technik.[1])

Wenn man als die Aufgabe der Naturforschung die Erkenntnis der Natur und der in der Natur wirkenden Kräfte und deren Gesetze bezeichnet und die Technik als eine ausübende Kunst auffasst, so ist die Meinung scheinbar berechtigt, dass die Eine sehr wohl ohne die Andere bestehen könne, und wenn auch beide die Natur als Objekt der Bearbeitung haben, würden sie doch nach Methode und Ziel wesentlich voneinander abweichen. Oft genug begegnet man der Meinung, dass die Technik der Naturforschung nicht bedürfe und hin und wieder scheinen technische Erfolge, wie z. B. die amerikanische Methode der Linsenschleifung, die Ansicht zu rechtfertigen, dass durch „Probieren" mehr erreicht werden könne als durch wissenschaftliche Forschung. Allein derartige Erfolge sind vereinzelt und immer nur in engbegrenzten Gebieten möglich und selbst da können sie einer vorgängigen Forschung nicht entbehren. Fasst man das Gesamtgebiet der Technik ins Auge, so kann man dieselbe nicht als eine Kunst ansehen, sondern als die Wissenschaft von der Nutzbarmachung der Natur und der Naturkräfte. Diese Nutzbarmachung entspringt aber dem Bedürfnis der Menschheit, sich im Kampfe ums Dasein Bundesgenossen zu suchen, und setzt voraus die Erkenntnis und die Erforschung der Natur und ihrer Kräfte. Daher ist Technik und Naturforschung so alt als das Menschengeschlecht selbst und die ersten Anfänge der Technik sind nicht denkbar ohne eine vorgängige Naturforschung, diese aber setzte nicht mit der Absicht ein, patentierungsfähige Erfindungen zu machen, sondern sie beruhte auf Beobachtung und Verknüpfung der Beobachtungen im Denkvermögen. Es ist jedoch nicht meine Absicht, bei den Anfängen beider Wissenschaften zu verweilen, richten wir unsern Blick auf den gegenwärtigen Zustand der Technik und Forschung.

1) Abteilung 3., Eröffnungsvortrag am 23. September 1901.

Das abgelaufene Jahrhundert stand unter der Herrschaft des Dampfes in Bezug auf die technische Entwickelung, und gerade an der Dampfmaschine illustriert sich das Verhältnis von Wissenschaft und Technik in hervorragender Weise. Aus unsern Lehrjahren erinnern wir uns, dass uns die Äolipile Heros als älteste Dampfmaschine gezeigt wurde, und genau so geschieht es noch heute. In der Regel wird die Sache so dargestellt, als ob dieses Spielzeug ganz zufällig erfunden sei, und damit ist dann die Frage beantwortet, wie es möglich gewesen ist, dass von dieser ersten Dampfmaschine Heros bis zu James Watt mindestens 1700 Jahre über die Erde dahingehen konnten. Erst seit einem Jahre sind wir im Besitz einer guten Ausgabe der Werke Heros, soweit sie erhalten sind, und während man früher die Beschreibung der kleinen Maschinen und Automaten, von denen noch manche in unseren Sammlungen Heros Namen tragen, als die Hauptsache betrachtete, wissen wir heute, dass diese technischen Konstruktionen nur eine Bethätigung der ganz hervorragenden wissenschaftlichen Kenntnisse des Physikers Hero gewesen sind. Aus der Einleitung zu seiner Pneumatik erfahren wir über seine Kenntnisse, dass er wusste, dass die Luft elastisch sei; und er erklärt diese Eigenschaft ziemlich mit den gleichen Worten, wie wir es heutzutage thun; er lehrt, dass man unterscheiden müsse zwischen luftverdünntem und luftleerem Raume, er kennt das Prinzip der Sprengelschen Luftpumpe und den Luftdruck. Hero hat die Wirkung der Wärme auf die Körper, speziell auf die Gase, studiert und giebt das Prinzip der Heissluftmaschine an, er lehrt die Dampfbildung durch Wärmezufuhr in energetischem Sinne. Ja, was ganz überraschend ist, er kennt den Energieverbrauch in der Bewegung und lehrt, dass ein Körper dauernd in seiner Bewegung verharren müsse, wenn diese Energieverluste nicht wären. Ein solcher Mann hat die Dampfmaschine erfunden; wir sehen, das ist nicht zufällig! Er ist, wie er selbst sagt, nicht in dem allen Original, sondern steht auf den Schultern seiner Lehrer Archimedes und Ktesibius, aber wir kennen aus dem ganzen Altertum keinen, der ihm an physikalischen Kenntnissen gleichkäme.

Um so mächtiger drängt sich die Frage auf, wie konnten solche Kenntnisse der Menschheit wieder verloren gehen, so dass erst durch Galilei, Guericke und noch jüngere Forscher diese Thatsachen wieder entdeckt werden mussten. Zwei Ursachen wirkten zusammen. Der eherne Schritt römischer Barbarei zertrat in Ägypten, genau wie einst in Sizilien die Archimedessche Kultur, hier die physikalische Hochschule des Ktesibius und seiner Nachfolger. Sodann aber, und das ist wohl der Hauptgrund, waren Ktesibius und sein grösserer Schüler Hero so sehr über den allgemeinen Bildungsstand des Volkes erhaben, dass für die aus jenen Kenntnissen ableitbaren technischen Konstruktionen kein Bedürfnis und kein Verständnis vorhanden war. Auch nachdem das Römer-Reich zertrümmert war und ein intelligenteres Volk an seine Stelle trat, die Araber, haben dieselben Heros fünf mechanische Potenzen und eine Anzahl seiner pneumatischen Maschinen (Luft- und Wasserorgel etc.) wohl weiter gebildet, aber für die physikalischen Schätze seines Wissens hatten sie nur so viel Verständnis, dass sie uns dieselben überlieferten, aber Gebrauch haben sie nicht davon gemacht. So ist die Kenntnis Heros durch die Araber nach Spanien gekommen und es ist kein Zufall, dass ein spanischer Schiffskapitän 1543 zuerst versuchte, mit Heros Äolipile ein Schiff zu treiben. Da man damals aber noch nicht das Bedürfnis hatte, in 5 Tagen die neue Welt zu erreichen, blieb auch dieser Versuch ohne Fortbildung, dagegen verbreitete sich um diese Zeit die Kenntnis der Heroschen Schriften im Abendlande, es erschien 1575 eine erste lateinische Uebersetzung seiner Pneumatik und Porta wiederholte 1606 einen Heroschen Versuch, um die Menge des aus einem bestimmten Wasserquantum zu gewinnenden Dampfes festzustellen. Als nun bei den fortschreitenden Tiefen des Bergbaues sich das Bedürfnis herausstellte, das Wasser von der Sohle des Schachtes an die Oberfläche zu befördern, griff man zu der Heroschen Wasserhebemaschine, und deren Kenntnis gelangte durch Salomon de Caus zu Lord Worcester. So entstand in England die erste Wasserförderung durch Dampf.

Auch die Erfindung des Kolbens geht auf eine rein wissenschaftliche Forschung zurück. Gewöhnlich (so bei Poggendorff) wird die Sache so dargestellt, als ob der Kolben von der Pumpe übernommen sei und man versucht habe, unter demselben eine Luftleere herzustellen. Das ist aber ein Missverständnis. Papin hat die Ehre, die hohe Spannkraft überhitzten Wasserdampfes erkannt zu haben. Diese wollte er bei einer Wasserhebemaschine nutzbar machen und trennte darum Wasser und Dampf durch einen ausgehöhlten Deckel, welchen er mit glühenden Kohlen füllte. Diesen losen Deckel übernahm Newcomen in seine Maschine. Aber die Idee, überhitzten Dampf anzuwenden, ist erst in unseren Tagen in die Technik eingezogen, wo es gilt, die Energie der Kohle nutzbarer zu machen, und es ist in der That ein technischer Fortschritt, wenn in der Wolffschen Lokomobile, dieser Papinschen

Idee folgend, Dampf mit ca. 140° Überhitzung einen Wirkungsgrad von 75,33 Proz. für den Kessel und einen kalorischen Nutzeffekt von 17,3 Proz. liefert. Aber mit dem blossen Ausprobieren ist hier gar nichts erreicht worden.

Ebensowenig sind die Fortschritte in unserer modernen Eisenkonstruktion dem Probieren und der Erfahrung zu danken. Das Bedürfnis, solche Spannungen wie bei der Firth of Forth-Brücke oder bei der Kaiser Wilhelms-Brücke zu überschreiten, hat schon lange bestanden, aber wie hätte ein Ingenieur an solche Wagnisse gehen können, wenn er nicht durch vorherige Erforschung der Festigkeit und der Elastizität des Eisens eine genaue Grundlage für die Berechnung gehabt hätte, welche ihm den Beweis der Möglichkeit brachte. Der Weg zu solchen konstruktiven Wundern ist genau derselbe gewesen, wie bei jeder rationellen Naturforschung: von der Beobachtung zur Messung und Berechnung, von da durch Vergleichung der Resultate in den Einzelfällen zur mathematischen Formel, zum Naturgesetz; dies erst giebt die Grundlage für die Konstruktionen.

Dass das Bedürfnis nicht die Technik schafft, zeigt kein Zweig derselben deutlicher als die Elektrotechnik. Das Bedürfnis zu Telegraphieren hat die Menschheit mindestens schon 1000 Jahre vor unserer Zeitrechnung gehabt, aber noch das zu Ende gehende 18. Jahrhundert musste sich mit optischen Telegraphen begnügen. Es ist kein Wunder, dass unmittelbar nach der Entdeckung der grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in Drähten durch Winkler-Leipzig und Le Monnier-Paris der Versuch 1753 gemacht wurde, die statische Elektrizität zum Telegraphieren zu benutzen. Und man hat eifrig an der Lösung dieser Aufgabe gearbeitet! Aber selbst die mit grossem Aufwand in Szene gesetzte Methode von Lesage 1774 mit 24 Drähten und die von Ronald 1816 mit Funkenzeichen eingerichtete Telegraphie bewies, dass die Sicherheit des Betriebes auf diese Weise nicht zu erreichen sei.

Ebensowenig genügten die Sömmeringsche Idee der chemischen Telegraphie und die Ampèresche der Nadeltelegraphie mit ihren 24 Leitungsdrähten den Forderungen der Rentabilität. Erst als durch die Induktion die Möglichkeit gegeben war, mit einem Magneten und einer Schleifenleitung das Alphabet zu schreiben, hatte die Geburtsstunde der elektrischen Telegraphie geschlagen. Das Bedürfnis treibt nur zum Versuch, eine wissenschaftliche Entdeckung zu verwerten, aber erst die Betriebssicherheit und die Rentabilität entscheiden darüber, ob eine Technik sich aus der Entdeckung ableiten lässt.

Im Jahre 1831 hatte Faraday die Induktion entdeckt, schon im folgenden Jahre finden wir zwei Wechselstrommaschinen, aber sie entsprechen nicht dem Bedürfnis, und als Stöhrer 1844 den Poggendorffschen Kommutator mit der Maschine verband, genügte der Apparat noch nicht der Forderung der Rentabilität, so dass 5 Jahre später die erste praktische Verwendung des Bogenlichtes bei der ersten Aufführung des Meyerbeerschen Propheten in Paris noch mit 320 galvanischen Primärelementen gespeist wurde, aber schon 10 Jahre später erhielt der erste elektrische Leuchtturm seinen Strom von der Alliance-Maschine.

Wie sehr die Technik nicht nur von der Entdeckung der Thatsachen, sondern auch von einer richtigen wissenschaftlichen Theorie abhängt, lehrt uns die Entwickelung der Elektrochemie. Auf Grund seiner Versuche über die Wasserzersetzung hatte Ritter in Jena bereits 1799 die elektrische Polarität der Elemente erkannt und eine Theorie der galvanischen Elemente und der Voltaschen Säule geschaffen, ehe Volta mit seinem Spannungsgesetz hervortrat. Jene Rittersche Theorie entsprach den Thatsachen, sie lehrte ihn bereits 1800 aus Kupfervitriol das Kupfer, aus Silbernitrat das Silber niederschlagen, aber Voltas Theorie erhielt den grossen Preis Napoleons von der Pariser Akademie und Volta beherrschte 90 Jahre lang mit seiner Theorie die Wissenschaft, während Ritter so sehr der Vergessenheit mit seinen Arbeiten und seiner Theorie anheimfiel, dass Sie noch heute in den Lehrbüchern lesen können, die Wasserzersetzung habe Nicholson, die Metallfällung habe Cruikshank entdeckt. Und als ich 1884 zuerst und 1888 ausführlich auf Ritters Verdienste aufmerksam machte, fand dieser Nachweis wohl die Zustimmung einzelner Gelehrter, aber es ist noch heute möglich, dass ein Vortrag, wie der Swans vor der Soc. of Chemical Industry mit seinen vielen Unrichtigkeiten ohne Korrektur in deutschen Journalen abgedruckt wird. Nach Ritter entdeckte wohl Davy die Elektrolyse geschmolzener Salze und stellte die Metalle Kalium, Natrium, Baryum, Strontium und Calcium auf diese Weise 1806 her, und ein Jahr später erfand Seebeck schon den Amalgamprozess, aber technisch wurde aus diesen Entdeckungen nichts, das Voltasche Spannungsgesetz mit der Kontakttheorie hemmten den Fortschritt. Wie mühsam haben Hittorf und F. Kohlrausch der Theorie der Ionenwanderung Eingang verschaffen können und dadurch in Verbindung mit Arrhenius' und van't Hoffs Lösungstheorie die Grundlage für die Nernstsche Theorie des Stromes geschaffen. Mit diesen langsamen wissenschaftlichen Fortschritten ging die Technik voran, so dass erst seit etwa 10 Jahren von einer

technischen Elektrochemie gesprochen werden kann.

Aber die Technik ist in dem Verhältnis zur wissenschaftlichen Forschung durchaus nicht allein die Empfangende. Wie eine gute Tochter ist sie der Mutter hilfreich zur Hand gegangen. Ich denke da nicht nur an die Feinmechanik, welche durch Ausbildung wissenschaftlicher Apparate und Vervollkommnung der Messmethoden und Werkzeuge dem häuslichen Dienst der Wissenschaft die Hilfe bot, wodurch die Forschung nicht nur erst möglich wurde, sondern auch ganze Forschungsgebiete erst geschaffen wurden. Was sollte die Physik wohl ohne die genauen Wagen, ohne die Dynamometer, ohne die Spektralapparate etc. heute leisten; welche Fortschritte in der Astronomie verdankt man der Ausbildung der photographischen Teleskope, und gäbe es wohl eine Biologie und Bakteriologie, wenn nicht die Technik die Mikroskope geschaffen hätte, welche dieser Welt im kleinen erst die schützende Decke abzogen? Ich denke vielmehr auch an die Technik, welche das elterliche Haus der Wissenschaft verlassen hat und selbständig ihr Gebiet umgrenzt und durchforscht.

Jeder alte Schwertfeger kannte die Methode des Härtens wohl, aber erst die Entdeckung des Hartgusses, die Erkenntnis von der grossartigen Wirkung der Beimengung minimaler Massen anderer Elemente zum Eisen, wiesen die wissenschaftliche Forschung auf das Gebiet der Strukturveränderung der Körper, speziell der Metalle, und zeitigten hier Untersuchungen über Elastizität und Konstitution, deren Resultate noch eine weitere Ausbeute wissenschaftlicher Erkenntnis erwarten lassen.

Das technische Bedürfnis der Gasfabrikation im Konkurrenzkampf mit dem elektrischen Licht trieb zur Aufsuchung besser leuchtender Körper, als es die glühenden Kohlepartikeln des Leuchtgases sind, welche ca. 90 Proz. Wärme und nur 10 Proz. Lichtstrahlen aussenden. Hierdurch wurde man veranlasst, die bis dahin fast ganz vernachlässigten Metalle Thorium, Osmium, Zirkonium etc. und ihre Verbindungen zu untersuchen. Da entdeckte man die enorme Lichtemission des Thoroxydes. Da fand man die abnormale Leitfähigkeit der warmen Magnesia, und wenn selbst die technische Ausnutzung dieser Entdeckungen an den Grundforderungen der Technik: Sicherheit des Betriebes und Rentabilität, scheitern sollten, würde der wissenschaftliche Wert doch bestehen bleiben.

Zwischen der ersten richtigen Erklärung des Lichtbogens durch Oerstedt (1818) und der Lösung des Problems der „Teilung des elektrischen Lichtes" durch die Differentiallampe von Hefner-Altenecks (1879) liegt eine lange wissenschaftliche und technische Arbeit, aber welche Fülle von neuen Entdeckungen lieferte der Lichtbogen für die Wissenschaft. Neben der glänzenden Entdeckung der Flammentelephonie, erinnere ich nur an die Elektrolyse im Lichtbogen. Das Calciumkarbid ist ja nicht der einzige Körper, welcher dem elektrischen Ofen sein Dasein verdankt und der Wissenschaft neue Probleme gestellt hat. Die Fortschritte der letzten 6 Jahre gerade auf diesem Gebiete erwecken die Hoffnung, dass der elektrische Lichtbogen uns noch viele Geheimnisse der Natur enthüllen wird.

Als im Jahre 1877 das Bellsche Telephon die Welt in Erstaunen versetzte, rühmte man besonders die hohe technische Vollendung, mit welcher der Erfinder es der Menschheit übergab. Wir wissen ja heute, dass es eine lange wissenschaftliche Vorgeschichte hatte, ehe es so vollendet erscheinen konnte, aber wie dankbar hat sich hier die Technik auch für die Wissenschaft erwiesen. Nicht nur die Untersuchungen über die Periode der Schwingungen, über die Verzögerung der Magnetisierung, die Verwendung des Telephons in der Brücke will ich erwähnen, das Telephon und Mikrophon waren es auch, welche die grosse Empfindlichkeit des Stromes für geringe Widerstandsveränderungen enthüllten und damit thermoelektrische Vorgänge erklärten, welche bis dahin nicht erkannt waren.

Bei der Erforschung des Erdmagnetismus empfanden Gauss und Weber das Bedürfnis, zwischen ihren beiden etwa 1,5 km voneinander entfernten Beobachtungslokalen eine schnelle Verständigung zu ermöglichen, deshalb zog Weber die beiden Leitungsdrähte des Induktoriums über den St. Johanniskirchturm. Wohl bemerkte Gauss in seinem Bericht an die Hannoversche Regierung, dass die Telegraphie für den Verkehr von ausserordentlicher Bedeutung sei, aber beide lehnten die technische Weiterbildung dieser Entdeckung ab und übertrugen dieselben ihrem Schüler Steinheil. Als dieser aber den ersten technisch ausgebildeten Telegraphenbetrieb einrichtete, entdeckte er die Rückleitung durch die Erde und diese technische Entdeckung hat von den Untersuchungen Baumgartners an durch die Messungen des Erdstromes und seines Zusammenhanges mit dem Erdmagnetismus, der Bestimmung des Erdpotentials bis zu den heutigen Diskussionen über Blitzableiter und vagabondierende Ströme die Wissenschaft beschäftigt. Ueberschauen wir einmal die technischen Erfolge, welche sich an jene 3 km Leitungsdraht in Göttingen knüpfen. Das erste Telegramm Webers (1833) lautete: „Michelmann (der Institutsdiener) kommt." Diese zwei Worte erforderten 43 Bewegungen des Magneten und ca. 2 Minuten Zeit. Im Jahre

1900 besass Deutschland allein 618459 km Leitung und 44558742 Telegramme wurden aufgegeben, die Welt (ausschliesslich Italien) besass 4314751 km Leitungen und 355409133 Telegramme wurden verarbeitet, ein einziger Pollak-Virag-Apparat[1]) leistete in einer Stunde 60000 Worte und bei forciertem Betrieb in Amerika gar 155000 Worte. Das sind ja überaus markante technische Fortschritte, aber ist die wissenschaftliche Ausbeute der Telegraphentechnik nicht eine mindestens ebenso bedeutsame? Freilich hatte man Kondensatoren und Induktorien schon früher wissenschaftlich untersucht, ihre Verbindung miteinander wurde zunächst in der Telegraphie bedeutsam, um darauf das Material zu bieten für die epochemachenden Versuche von Hertz, dann kamen die technischen Erfahrungen der Wechselstromtransformatoren von Ferraris und Tesla dazu und förderten das Studium der elektrischen Wellen und gegenwärtig hat die aus dem Kugelkontakt-Mikrophon hervorgegangene Frittröhre die drahtlose Telegraphie zum Gegenstand allgemeinsten Studiums gemacht.

Die Gewinnung reinsten Kupfers aus Kupfervitriol gelang schon Ritter, aber die Erze, aus welchen wir das Kupfer gewinnen, sind nicht reines Kupfersulfat, sie enthalten Eisen, Blei, Silber etc. in grösseren oder kleineren Mengen. Freilich zeigt die Untersuchung, dass aus den Erzen, welche frei von Schwefeleisen sind, mit dem Siemensschen Sulfatverfahren (1888) einwandfreies Kupfer gewonnen wird, und es liefert mit diesem Verfahren der Energieaufwand von $^1/_2$ kg Steinkohle 1 kg Kupfer, während der frühere Schmelzprozess 5 kg Kohle erforderte für die gleiche Ausbeute. Es begreift sich demnach, wie durch den Übergang zum Sulfatverfahren jährlich ca. 30 Millionen Mark gespart werden. Aber welche mühevolle Untersuchung war es, um auch ein Verfahren zu finden, welches auch das eisenhaltige Erz bearbeitbar machte? Das Höpfnersche Chlorürverfahren hat nach langen Versuchen nicht nur dies geleistet, sondern auch das immer wieder durch sekundäre Zersetzungen entschlüpfende Zink, das Nickel, Blei und Silber an die Kathode gebannt. Das Cyanürverfahren von Siemens zur Goldgewinnung ist doch nicht nur ein technischer Fortschritt, sondern eben so sehr ein wissenschaftlicher. Die mechanischen Methoden, um auch bei starken Strömen feste und homogene Niederschläge zu erhalten im Elmore-Verfahren oder in der Centrifugal-Methode, scheinen zunächst nur technische Bedeutung zu haben, aber sie lehren auch, dass nur notwendig ist, dass das Molekül in engem Kontakt mit dem Nachbarmolekül stehen muss, um feste Körper zu geben und korrigieren damit die falschen Anschauungen von der Konstitution der festen Körper, wie sie noch heute vieler Orten gelehrt werden. Ebenso ist das neue Rhodin-Verfahren zur Chlor- und Sodafabrikation doch nicht nur von Bedeutung wegen der dabei aufgewendeten 1500 Amp., sondern auch wegen der durch die Erwärmung bewirkten Zersetzung der Amalgame in statu nascendi.

1) Vgl. diese Zeitschr. **1**, 484, 1900; **2**, 201, 1901.

Noch vor 15 Jahren würden die meisten Dozenten bezweifelt haben, dass die Elektrolyse auf organische Produkte mit Erfolg anwendbar sei, heute stellt man Jodoform, Vanillin, Chloral, Anilinblau, Alizarin etc. elektrolytisch dar. In Ludwigshafen wird der schwefligen Säure direkt aus der Luft Sauerstoff zugeführt und die Schwefelsäure ist erzeugt, und Mr. Dougal zieht aus der Luft durch den elektrischen Lichtbogen den Stickstoff, um Salpetersäure zu erhalten. Ist es angesichts der Erfolge des elektrischen Ofens wirklich noch ein phantastisches Traumbild, wenn man die Hoffnung ausspricht, in Bälde auch das Eisen und besonders den Stahl auf diese Weise herstellen zu können, und damit der masslosen Vergeudung der Steinkohlen ein Ende zu machen.

Alle diese Erfolge, deren Reihe ja leicht zu vermehren wäre, sind nur gewonnen durch eine fortgesetzte innige Verbindung von Technik und wissenschaftlicher Forschung. Beide sind aufeinander angewiesen. Die Technik verkümmert ohne das wissenschaftliche Laboratorium und die Wissenschaft verliert sich in wüste Spekulation, wenn sie nicht die realen Forderungen der Technik behandelt. Die unbestreitbaren Erfolge deutscher Technik beweisen, was die innige Verbindung mit der Forschung wert ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Büssing, Adelbert, Geschichte der Metalle. Vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses mit dem ersten Tornow-Preise gekrönte Preisschrift. gr. 8⁰. VIII u. 274 S. 1901. Berlin, Leonhard Simion. M. 6.—.

van Deventer, Ch. M., Physikalische Chemie für Anfänger. Mit einem Vorwort von J. H. van't Hoff. Zweite Auflage besorgt von Ernst Cohen. 8⁰. VIII u. 172 S. 1901. Amsterdam, S. L. van Looy; Leipzig, Wilhelm Engelmann. Geb. M. 4.—.

van't Hoff, J. H., Zinn, Gips und Stahl vom physikalisch-chemischen Standpunkt. Vortrag gehalten im Verein der Deutschen Ingenieure zu Berlin. Mit 10 Figuren. 8⁰. 35 S. 1901. München, R. Oldenbourg. M. 2.—.

Hofmann, Albert, Aufnahmeapparate für Farbenphotographie. Sonderabdruck aus dem „Photograph. Centralblatt". Mit 30 Figuren. 4⁰. II u. 30 S. 1901. München, Georg D. W. Callwey. M. 1.50.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Unter Mitwirkung von H. Beckurts, C. A. Bischoff, E. F. Dürre, J. M. Eder, P. Friedländer, C. Haessermann, F. W. Küster, J. Lewkowitsch, M. Märcker, W. Muthmann, F. Röhmann herausgegeben von Richard Meyer. X. Jahrg. 1900. gr. 8⁰. XII u. 566 S.

1901. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. M. 14.—, gebunden in Leinen M. 15.—, in Halbfranz M. 16.—.

Neuhauss, R., Lehrbuch der Projektion. Mit 66 Abbild. kl. 4°. VIII u. 124 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 4.—.

Platner, Gustav, Die Mechanik der Atome. gr. 8°. IV u. 97 S. 1901. Berlin, M. Krayn. M. 2.50.

Stallo, J. B., Die Begriffe und Theorien der modernen Physik. Nach der 3. Auflage des englischen Originals übersetzt und herausgegeben von Hans Kleinpeter. Mit einem Vorwort von Ernst Mach. Mit einem Portrait des Verfassers. kl. 8°. XX u. 332 S. 1901. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. M. 7.—, gebunden M. 8.50.

Witt, Otto N., Die Chemische Industrie auf der Internationalen Weltausstellung zu Paris 1900. gr. 8. IV u. 136 S. 1900. Berlin, R. Gaertner's Verlagsbuchhandlung. Geb. M. 5.—.

Zsakula, Milan T., Gleichstrommessungen. Handbuch für Studierende und Ingenieure. Für den praktischen Gebrauch bearbeitet. Mit 117 Figuren. 8. XII u. 306 S. 1901. Berlin, Louis Marcus. Gebunden M. 8.—.

XI. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte.

In der Zeit vom 2.—12. Januar 1902 (20.—30. Dezember 1901 a. St.) wird in St. Petersburg die XI. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte stattfinden. Das leitende Komitee besteht aus dem Präsidenten Prof. N. A. Menschutkin, Vizepräsidenten Prof. A. A. Inostranzeff und den Schriftführern Prof. I. I. Borgman und Prof. W. T. Schewiakoff. Die Versammlung wird in folgende Sektionen geteilt werden: Mathematik und Mechanik, Astronomie und Geodäsie. Physik, Physikalische Geographie, Chemie, Geologie und Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie und Physiologie, Geographie mit der Subsektion Statistik, Agronomie, Wissenschaftliche Medizin und Hygiene.

Die allgemeinen Sitzungen der Versammlung werden stattfinden am 2., 8. und 12. Januar; die Sektionssitzungen am 3., 4., 5., 6., 9., 10. und 11. Januar.

Teilnehmer an der Versammlung werden ersucht, womöglich vor dem 15. Dezember 1901 dem Komitee der Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte (St. Petersburg, Universität) ihre genauen Adressen und den Mitgliedsbeitrag (3 Rubel) einzusenden und anzugeben, welcher Sektion sie beizutreten wünschen.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02.

Universität Berlin.

Nachzutragen: **F. F. Martens**: Theorie optischer Instrumente (mit Demonstrationen), 1 *p*.

Universität Göttingen.

Nachzutragen: **H. Th. Simon**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2 *p*; Ausgewählte Kapitel der angewandten Physik (drahtlose Telegraphie und -Telephonie, Prinzipien einer rationellen Beleuchtung u. s. w.), 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3 *p*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, *g*.

Tagesereignisse.

Die Wiener Akademie der Wissenschaften hat in ihrer ausserordentlichen Sitzung beschlossen, die 1899 ausgeschriebene Preisaufgabe für den von A. Freiherrn v. Baumgartner gestifteten Preis: „Beiträge zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die unsichtbare Strahlung" zu erneuern. Preis 2000 Kronen. — Termin 31. Dezember 1903. Die Abhandlungen sind mit Motto und versiegelter Nennung des Verfassers zum bestimmten Termine einzusenden und dürfen nicht von der Hand des Verfassers geschrieben sein. Jede gekrönte Preisschrift bleibt Eigentum des Verfassers; auf dessen Wunsch wird die Schrift durch die Akademie als selbständiges Werk veröffentlicht und geht dann in das Eigentum derselben über.

In Göttingen ist das auf dem Hainberg neuerbaute geophysikalische Institut durch den Leiter Professor Wiechert seiner Bestimmung übergeben worden.

Mit Genehmigung des Unterrichtsministers wird an der Technischen Hochschule zu Berlin dem Programm der Abteilung für Chemie und Hüttenkunde folgender Vermerk angefügt werden: „Die Abteilung hält es für wünschenswert, dass die Studierenden der Chemie und Hüttenkunde sich einige mechanisch-technische Handfertigkeit aneignen, etwa durch Arbeiten in einer Maschinenfabrik oder mechanischen Werkstatt während eines Teiles der Ferien."

Personalien.

Professor Dr. Rüdorff, Vorsteher des Laboratoriums für anorganische Chemie an der Berliner Technischen Hochschule, ist in den Ruhestand getreten. Als sein Nachfolger ist der Privatdozent Dr. Hugo Erdmann in Halle berufen worden.

Dem Privatdozenten, zugleich Assistenten am chemischtechnischen und elektro-chemischen Institut an der Technischen Hochschule in Darmstadt, Dr. Bernhard Neumann, wurde von dem Verein zur Förderung des Gewerbefleisses in Berlin ein Preis von 3000 Mark für seine Arbeit über „Die Geschichte der Metalle" zuerkannt.

An der technischen Hochschule in Krakau habilitierte sich Dr. Tottoczko für physikalische Chemie.

Dem früheren ausserordentlichen Professor an der Universität Heidelberg, jetzigen chemischen Leiter der wissenschaftlichen Abteilung des Hauptlaboratoriums der badischen Anilin- und Sodafabrik in Mannheim-Ludwigshafen, Dr. phil. August Bernthsen, wurde vom Grossherzog von Baden der Charakter als Hofrat verliehen.

Die goldene Medaille der Italienischen Gesellschaft für Wissenschaft ist an Marconi, der sich jetzt in London aufhält, für seine Verdienste bei der Erfindung der drahtlosen Telegraphie verliehen worden.

Der Privatdozent der Mathematik Dr. E. Neumann in Halle wurde zum ausserordentlichen Professor der theoretischen Physik an der Universität Breslau ernannt.

Die durch den Fortgang des Dozenten Vater erledigte Stelle eines Dozenten für Maschinenlehre an der Technischen Hochschule zu Aachen ist dem königlichen Regierungsbaumeister Reinhold Lutz in Charlottenburg übertragen worden.

An der Universität Berlin hat sich Dr. F. F. Martens für Physik habilitiert.

Der Dozent für Geodäsie, Landmesser Müller, wurde zum Professor der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, Privatdozent Dr. O. Sommer aus Göttingen zum Professor der Mathematik ebendaselbst ernannt.

Die etatsmässige Professur für Metallurgie an der Technischen Hochschule zu Aachen wurde dem Professor Dr. Wüst aus Duisburg übertragen.

Privatdozent Dr. U. Behn zu Berlin wurde zum Dozenten für Physik bei dem Physikalischen Verein zu Frankfurt a./Main berufen.

Professor Dr. K. Schwarzschild von der philosophischen Fakultät zu München wurde als ausserordentlicher Professor und Direktor der Sternwarte nach Göttingen berufen.

Berichtigungen.

In C. Bach, Das Ingenieurlaboratorium der K. Technischen Hochschule Stuttgart, **2**, 24 Spalte 2, Fussbemerkung Zeile 3 v. u. soll es statt „Wirkungsmaschinen" Prüfungsmaschinen heissen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.